



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Kl. 18a,5/00

Zgłoszono: 30.12.1971 (P. 152707)

Pierwszeństwo: _____

MKP C21b 5/00

Zgłoszenie ogłoszono: 30.10.1973

Opis patentowy opublikowano: 31.12.1975

Twórcy wynalazku: Ryszard Benesch, Andrzej Wilkosz, Roman Kopeć, Jan Janowski, Marek Jaworski, Stanisław Krasowski, Jerzy Bromer, Bogdan Prusiński, Zdzisław Kościelniak

Uprawniony z patentu: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica
Kraków (Polska)

Sposób regulacji biegu wielkiego pieca

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób regulacji biegu wielkiego pieca, znajdujący zastosowanie do pieców o różnej pojemności.

Znane sposoby regulacji biegu wielkiego pieca polegają na okresowych zmianach parametrów technologicznych gorącego powietrza i wsadu. Zmiennymi parametrami gorącego powietrza są: temperatura, ciśnienie i zawartość pary wodnej. Zmienne parametry wsadu to stosunek ilości rudy do ilości koksu w namiarze. Zalecenia regulacyjne wydawane są okresowo przez prowadzącego wielki piec na podstawie zmierzonych parametrów technologicznych: temperatury, ciśnienia gorącego powietrza i zawartej w nim pary wodnej, składu chemicznego surówki oraz obserwacji wzrokowej dysz i płynnych produktów wytopu.

Ilościowe zmiany tych parametrów wprowadzane są przez obsługę pieca wyłącznie na podstawie doświadczenia i praktyki. Jest to regulacja niekontrolowana, bardzo niedokładna i będąca przyczyną nadmiernych wahań przepływu gazów redukujących przez piec i zmian jego stanu cieplnego. Prowadzi to do znacznego zużycia paliwa i nie pozwala na otrzymanie surówki o optymalnym składzie chemicznym.

Celem wynalazku jest zmniejszenie wahań stanu cieplnego wielkiego pieca, zapewnienie właściwego przebiegu redukcji tlenków żelaza i uzyskanie surówki o jednorodnym składzie chemicznym.

Cel ten osiągnięto przez utrzymanie na stałym optymalnym poziomie stopnia redukcji bezpośredniej tlenków żelaza, przez okresowe zmiany ilości paliwa za-

2

stępczego, pary wodnej i temperatury, przy stałej ilości i ciśnieniu gorącego powietrza.

Z bilansu materiałowego i cieplnego wielkiego pieca wynika, że obniżenie zdolności redukcyjnych gazów w szybie sygnalizuje jego małą wydajność w jednostce czasu i obniżenie stopnia redukcji pośredniej a wzrost stopnia redukcji bezpośredniej w stosunku do optymalnej średniej. W celu utrzymania zdolności redukcyjnej gazów na stałym poziomie należy dodać składników redukcyjnych paliwa zastępczego, w postaci tlenku węgla i wodoru. Wzrost stopnia redukcji bezpośredniej wymaga dodatku paliwa zastępczego, natomiast obniżenie stopnia redukcji bezpośredniej wymaga zmniejszenia dodatku paliwa zastępczego.

W celu utrzymania na stałym poziomie ilości potrzebnego ciepła w piecu, należy przede wszystkim utrzymać stałą wielkość ciepła, potrzebną do redukcji bezpośredniej tlenków żelaza, co wyraża się stałą wartością stopnia redukcji bezpośredniej.

Stały stopień redukcji bezpośredniej R będzie utrzymany, gdy zostanie spełniony warunek, że

$$R = \frac{O_2(R)}{O_2(\text{całk})}$$

gdzie:

R — stopień redukcji bezpośredniej w [%]

O_2 — ilość tlenu odebrana z tlenków żelaza w wyniku redukcji bezpośredniej w [m³/tonę surówki]

O₂ (całk) — całkowita ilość tlenu w tlenkach żelaza wprowadzonych ze wsadem [m³/tonę surówki].

Zmiana stopnia redukcji bezpośredniej **R** jest wynikiem równoczesnej zmiany ilości paliwa zastępczego ciekłego lub gazowego. Przeciwdziałanie zmianie stopnia redukcji bezpośredniej **R** i utrzymanie go na stałym poziomie nastąpi wówczas, gdy w odniesieniu do paliwa zastępczego zostanie zachowany warunek, że:

$$\pm \Delta M = \mp \Delta R \frac{0,24}{X} P$$

gdzie:

ΔM — zmiana ilości paliwa zastępczego ciekłego lub gazowego w [Nm³/godz] lub [kg/godz]

ΔR — różnica między stopniem redukcji standardowym i aktualnym w [%]

ΔR — R standardowy — R aktualny

0,24 — stały współczynnik wynikający z redukcji bezpośredniej tlenków żelaza

X — ilość tlenu odebrana na drodze redukcji bezpośredniej przez składniki paliwa zastępczego z tlenków żelaza w [kg atomy]

P — aktualna produkcja surówki w [T/godz] wynika ze znajomości ilości i składu chemicznego załadowanych tworzyw, ilości i składu chemicznego pyłu gardzielowego oraz ilości i składu chemicznego żużla.

W celu utrzymania stałej temperatury gazu przed dyszami doprowadza się parę wodną i zmienia temperaturę gorącego powietrza. Dlatego muszą być spełnione warunki, a mianowicie

$$\mp \Delta W = \frac{\pm \Delta M}{\alpha}$$

$$\mp \Delta T = \frac{\mp \Delta M}{\delta}$$

gdzie:

ΔW — wymagana zmiana ilości pary wodnej w [G/Nm³] gorącego powietrza

α — współczynnik przeliczeniowy ujmujący jednostkowo cieplne zależności paliwa zastępczego i pary wodnej [Nm³/godz]

ΔT — zmiana temperatury gorącego powietrza w [°C]

δ — współczynnik przeliczeniowy ujmujący jednostkowe cieplne zależności paliwa zastępczego i temperatury gorącego powietrza w [°C/kg/godz] lub [°C/Nm³/godz]

W przypadku nieprzewidzianego znacznego obniżenia się temperatury wewnątrz wielkiego pieca, powodującego spadek stopnia redukcji bezpośredniej, dodaje się stałe paliwo w postaci koksu. Dla wyrównania i ustalenia stopnia redukcji bezpośredniej musi być spełniony warunek:

$$\mp \Delta K = \frac{\pm \Delta R_1}{\gamma}$$

gdzie:

$$\pm \Delta R_1 = \pm \varphi \left\{ \frac{[C]}{[Fe]} \right\}$$

ΔK — zmiana ilości koksu w namiarze [kg/nabój]

γ — współczynnik przeliczeniowy, ujmujący zależności cieplne

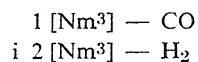
φ — współczynnik przeliczeniowy, ujmujący jednostkowe cieplne zależności stopnia redukcji bezpośredniej od stosunku węgla do żelaza w naboju.

Spełnienie opisanych wymogów zapewnia prawidłową regulację biegu wielkiego pieca sposobem według wynalazku, który w praktycznym zastosowaniu jest całkiem prosty. Pozwala to na otrzymanie surówki o jednorodnym składzie chemicznym i zaoszczędzenie paliwa. Sposób ten nadaje się do zastosowania w piecach o różnej pojemności.

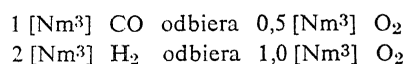
Sposób według wynalazku jest dokładniej wyjaśniony w przykładach wykonania.

Przykład I dotyczy regulacji paliwa w postaci gazu ziemnego.

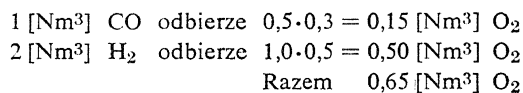
W przypadku obniżenia się stopnia redukcji o 1% należy związać 0,24 kg atomów tlenu na tonę surówki przez wprowadzenie do pieca gazu ziemnego. Głównym składnikiem gazu ziemnego jest metan CH₄, który po spaleniu w garze wielkiego pieca daje:



Otrzymane CO i H₂ odbierają tlen O₂ z tlenków żelaza w ilościach:



Ponieważ w wielkim piecu można wykorzystać powyżej 50% H₂ i 30% CO, zatem po spaleniu 1 [Nm³] CH₄



W przypadku gdy gaz ziemny zawiera 96% CH₄, to 1 Nm³ tego gazu może odebrać z tlenków żelaza

$$\frac{32 \cdot 0,65 \cdot 0,96}{22,4 \cdot 16} = 0,0561 \text{ [kg atomów] O}_2$$

Zatem przy obniżeniu się stopnia redukcji o 1% należy dodać gazu ziemnego w ilości

$$\frac{0,24}{0,0561} = 4,28 \text{ [Nm}^3\text{/1\% R tonę surówki]}$$

Jeżeli produkcja surówki w odniesieniu do 1 godziny wynosi przykładowo $P = 100$ [T], to należy dodać gazu ziemnego

$$1,4,28 \cdot 100 = 428 \text{ [Nm}^3/\text{godz]}$$

Przykład II dotyczy regulacji paliwa w postaci oleju.

W czasie spalania oleju (mazutu) o składzie 86% C i 12% H₂ w garze wielkiego pieca otrzymuje się:

$$\frac{0,86 \cdot 22,4}{12} = 1,605 \text{ [Nm}^3 \text{ CO]}$$

$$\text{ i } \frac{0,12 \cdot 22,4}{2} = 1,344 \text{ [Nm}^3 \text{ H}_2]$$

1 [Nm³] CO odbiera 0,5 [Nm³] tlenu z tlenków żelaza
1 [Nm³] H₂ odbiera 0,5 [Nm³] tlenu czyli

1,605 [Nm³] CO odbiera $0,5 \cdot 1,605 = 0,802 \text{ [Nm}^3 \text{ O}_2]$
1,344 [Nm³] H₂ odbiera $0,5 \cdot 1,344 = 0,672 \text{ [Nm}^3 \text{ O}_2]$

Ponieważ wykorzystuje się jedynie 30% węgla i 50% wodoru zatem tlenek węgla i wodór zawarte w 1 kg oleju odbiorą następujące ilości tlenu i tlenków żelaza:

tlenek węgla	$0,802 \cdot 0,3 = 0,240 \text{ [Nm}^3 \text{ O}_2]$
wodór	$0,672 \cdot 0,5 = 0,336 \text{ [Nm}^3 \text{ O}_2]$
Razem	$0,576 \text{ [Nm}^3 \text{ O}_2]$

Ilość atomów tlenu odbierana przez 1 kg oleju wynosi:

$$\frac{32 \cdot 0,576}{22,4 \cdot 16} = 0,051 \text{ [kg atomów] O}_2$$

W przypadku podwyższenia się stopnia redukcji bezpośredniej o 1% należy dodać oleju

$$\frac{0,24}{0,051} = 4,7 \text{ [kg/1\% R tonę surówki]}$$

przy produkcji 20 ton surówki na godzinę potrzebna ilość oleju wynosi

$$1,4,7 \cdot 20 = 94 \text{ [kg/godz].}$$

Przytoczone przykłady nie ograniczają zakresu wyznaczenia, który może obejmować wiele innych wariantów, poza tym może być wykorzystany do opracowania odpowiednich nomogramów lub algorytmów maszyn matematycznych dla automatycznego sterowania procesem wielkopiecowym.

1. Sposób regulacji biegu wielkiego pieca, **znamienny tym**, że utrzymuje się stopień redukcji bezpośredniej tlenków żelaza na stałym poziomie przez cały czas prowadzenia procesu wytopiania surówki.

2. Sposób regulacji według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stały stopień redukcji bezpośredniej utrzymuje się przez zmianę określonej ilości paliwa zastępczego, ciekłego lub gazowego, przy zachowaniu warunku, że

$$\pm \Delta M = \pm \Delta R \frac{0,24}{x} P$$

gdzie: (ΔM) — zmiana ilości paliwa zastępczego ciekłego lub gazowego w [Nm³/godz] lub [kg/godz], (ΔR) = (R) standardowy — (R) aktualny, (x) — ilość tlenu odebrana na drodze redukcji bezpośredniej przez składniki paliwa zastępczego z tlenków żelaza w [kg atomy], (P) — aktualna produkcja surówki w [T/godz], przy czym zmiana tej ilości paliwa zastępczego wymaga równocześnie zmiany określonej ilości pary wodnej

według wartości: $\left(\pm \Delta W = \frac{\mp \Delta M}{\alpha} \right)$ oraz temperatury gorącego powietrza według wartości: $\left(\pm \Delta T = \frac{\pm \Delta M}{\delta} \right)$

gdzie: (ΔW) — oznacza wymaganą zmianę ilości pary wodnej w [G/Nm³] gorącego powietrza, (α) — współczynnik przeliczeniowy ujmujący jednostkowo cieplne zależności paliwa zastępczego i pary wodnej [Nm³/godz], (ΔT) — zmiana temperatury gorącego powietrza w [°C], (δ) — współczynnik przeliczeniowy ujmujący jednostkowe cieplne zależności paliwa zastępczego i temperatury gorącego powietrza w [°C/kg/godz] lub [°C/Nm³/godz].

3. Sposób regulacji według zastrz. 1 i 2, **znamienny tym**, że w przypadku nieprzewidzianych nadmiernych wahań stanu cieplnego wielkiego pieca dokonuje się zmian paliwa stałego w ilości, określonej zależnością:

$$\left(\mp \Delta K = \frac{\pm \Delta R_1}{\gamma} \right) \text{ gdzie } (\Delta K) \text{ oznacza zmianę ilości}$$

ci koksu w nabiżu w [kg/nabój]. $\left(\pm \Delta R_1 = \gamma \left\{ \frac{(C)}{(F_0)} \right\} \right)$ — współczynnik przeliczeniowy, ujmujący jednostkowe cieplne zależności stopnia redukcji bezpośredniej od stosunku węgla do żelaza w naboju, (γ) — współczynnik przeliczeniowy, ujmujący zależności cieplne,

